

**Gewebewiderstand und Feldneutralisation
als Störfaktor der
klinischen Elektrokulographie**

Eva Roeckelein

1975



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551910_0012

Aus der Augenklinik der Universität München
Direktor (Vorstand): Prof. Dr. O.E. Lund

Gewebewiderstand und Feldneutralisation
als Störfaktor der
klinischen Elektrookulographie

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Eva Roeckelein
aus
München

1975



Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:

Prof. Dr. H. Remky

Mitberichterstatter:

Dekan:

Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung:

11. 11. 1975

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EOG-DEFINITION	1
2. TECHNIK DER KLINISCHEN EO-GRAPHIE	2
3. TECHNIK DER EIGENEN UNTERSUCHUNGEN	3
4. ERGEBNISSE, BEURTEILUNGEN	4 - 12
Gewebewiderstand	4
Feldneutralisation	6
Wechselwirkungen, Gewebewider- stand/Neutralisation	7
Optimale Potentialableitung	8
Optimale Potentialdarstellung	10
5. ZUSAMMENFASSUNG	13
6. LITERATURVERZEICHNIS	14
7. KURVENANHANG	

1877 konnte Dewar einen Ruhestrom (= Bestandspotential, "resting potential", Dunkelstrom) des Auges zwischen Cornea und Fundus ableiten. Die 1849 von Du Bois Reymond abgeleiteten Potentiale sind wahrscheinlich nicht mit diesem Ruhepotential identisch, sondern verdanken ihre Entstehung der Traumatisierung von Netz- und Aderhaut. Die Entstehung des Ruhepotentials ist bis in die jüngste Zeit eine Streitfrage gewesen.

1837 haben Dewar und M' Kendrick festgestellt, daß bei Vertebraten die Cornea positiv ist gegenüber dem Fundus; am evertierten Auge der Wirbellosen ist die Stromrichtung umgekehrt. Piper (1904) führte dies auf die verschiedene Orientierung der Sinneszellen bei Vertebraten und Avertebraten zurück; nach seiner Ansicht verhält sich das Außenglied der Sinneszellen immer negativ gegenüber der Nervenfaserschicht.

Der Augapfel kann als Dipol betrachtet werden: Macula negativ, Cornea positiv; in seiner Umgebung entsteht ein perioculares Feld, das den Augapfel bei jeder Wendung um seine vertikale oder horizontale Achse begleitet. Elektrodenpaare am Orbitalrand ermöglichen daher die Ableitung eines EO - "Kineto-grammes". (Dipolachse als Indikator.) Obwohl schon 1925 (Mayer) zur klinischen Motilitätsbeurteilung verwendet, hat diese Methode erst in jüngster Zeit (Quéré und Mitarbeiter) wesentliche Bedeutung erlangt. Die ursprüngliche Ansicht, das EOG enthalte auch eine elektromyographische Komponente, ist durch jüngere Untersuchungen widerlegt worden. Es ist sogar möglich, EOG- und EMG-Ableitungen simultan vorzunehmen (Huber 1973).

Das Ausmaß des Ruhepotentials wird von der Aktivität des Pigmentepithels und der Bruch'schen Membran bestimmt (François, Verriest und De Rouck, 1955, 50, 57; Heck und Papst, 1957; Arden und Kelsey, 1962; Arden, Barrada und Kelsey, 1962) und unterliegt damit dem Einfluß der Adaptation. Normale, experimentell hervorgerufene und pathologische Potentialveränderungen können durch gleichmäßige Bewegungen der Augäpfel zwischen Elektrodenpaaren registriert werden. Bei dieser (indirekten) EO - "Potentiometrie" dient die Bewegung lediglich der Potentialdarstellung.

Im folgenden wird unter EOG ausschließlich seine Ableitung als Kinetogramm verstanden, obwohl sich aus den Ergebnissen eigener experimenteller Arbeit möglicherweise auch Konsequenzen für die Technik der Oculo-Potentiometrie ergeben.

Technik der klinischen EO-Graphie

Die Möglichkeiten zur Placierung paraocularer Elektroden sind durch die anatomischen Verhältnisse begrenzt. Arden und Mitarbeiter sowie François und Mitarbeiter legen sie einige Millimeter unter die Lidwinkel (Abb. 1); die Numerierung erfolgt fortlaufend von rechts nach links.

Abb. 1



Die Ableitung kann monopolar oder bipolar erfolgen.

1. Monopolare Ableitung:

Eine aktive Elektrode paraocular, eine indifferente Elektrode occipital oder an beliebiger Stelle des Körpers; Elektrodenpaare 1/5 und 2/5 für das rechte, 3/5 und 4/5 für das linke Auge.

2. Bipolare Ableitung:

Zwei aktive Elektroden paraocular:

- a) bitemporal 1/4
 - b) transocular 1/2 und 3/4
 - c) binasal 2/3
 - d) gemischt 1/3 und 2/4
- (siehe Kurvenanhang I)

Technik der eigenen Untersuchungen

Als Registriergerät diente ein Elektroencephalograph, Typ ENCEPHALOSCRIPT 410 der Firma Schwarzer GmbH.

Empfindlichkeitsstufe des Attenuators	= 1
Zeitkonstante des Verstärkers	= 1
Laufgeschwindigkeit des Papierbandes	= 3mm/sec
Amplitudenhöhe	= 3mm=50mV

Als Elektroden wurden chlorierte lederbezogene Silberplatten verwendet, als Kontaktmedium physiologische NaCl-Lösung.

Das Ruhepotential wurde durch zwei Typen von Augenbewegungen zur Darstellung gebracht:

- a) Folgebewegungen, 10° - 40° , 0,5-0,375 Hz
- b) optisch induzierte Spähbewegungen, 10° - 40° , 0,50 Hz.

I. Versuchsgruppe: Gewebewiderstand

1. Versuchsreihe

Es erscheint möglich, daß das relativ große oculare Potential auch augenfern noch ableitbar ist. Es soll daher untersucht werden, ob die sogenannte indifferente Elektrode auch tatsächlich indifferent ist, ob die Elektrodenpaare 1/5, 2/5 usw. nicht etwa bipolare Ableitungen unter ungünstigen Bedingungen liefern.

a) Versuchsanordnung:

Abb. 2 (siehe Kurvenanhang II)

a) Rechts: temporal	Links: temporal
b) : "	: praeauricular
c) : "	: retroauricular
d) : "	: occipital
e) : praeauricular	: praeauricular
f) : retroauricular	: retroauricular

Augenbewegungen: Folgebewegungen, 40° , 0,50 Hz

b) Ergebnis:

(siehe Kurvenanhang II)

Die Amplitude nimmt mit der Entfernung der Elektrode 4 vom linken temporalen Kanthus zum Occiput nur geringgradig ab. (a - d, von 600 auf 400 V)

c) Beurteilung:

Die Vermutung, es handle sich bei der monopolaren Ableitung eigentlich um eine bipolare, erscheint bestätigt (Kurvenanhang II). Eine echte indifferente Elektrode müßte kopffern liegen, würde dann aber unter Einfluß der wesentlich stärkeren cardialen Potentiale geraten.

2. Versuchsreihe

Die unter der oben beschriebenen Versuchsanordnung gewonnenen Ergebnisse lassen die Rolle des Gewebewiderstandes zwischen zwei Elektroden erkennen. Der Gewebewiderstand im orbitalen Bereich soll nun ermittelt werden.

a) Versuchsanordnung:

Bipolare Ableitungen (1/2, 1/3, 1/4, 2/3) bei Einäugigen.

b) Ergebnis:

(siehe Kurvenanhang III)

Auch die sogenannte transoculare Ableitung der leeren Orbita liefert eine Kurve, deren Amplitude 10 % derjenigen der augapfelhaltigen Orbita erreicht. Ihre Richtung ist umgekehrt, da Feldstärkedifferenzen dargestellt werden: Elektrode 1 relativ weniger positiv bzw. negativ als Elektrode 2 oder 3.

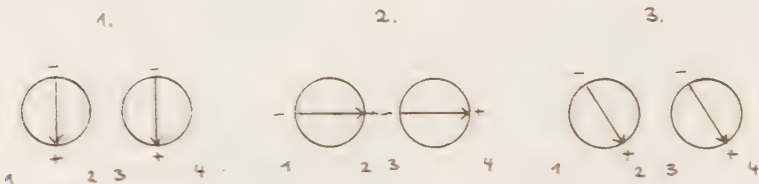
c) Beurteilung:

Ein periorcales Feld dehnt sich also über die gegenseitige Orbita aus. Sein Abfall infolge Gewebewiderstand läßt sich wahrscheinlich nur beim Einäugigen ermitteln, da die (noch zu untersuchende) Möglichkeit seiner teilweisen Neutralisation durch das Feld des zweiten Auges zu berücksichtigen ist (vergleiche Versuchsreihe 2).

II. Versuchsgruppe: Feldneutralisation

Zur Darstellung des EOG und seiner physiologischen und pathologischen Veränderungen werden horizontale Blickbewegungen benutzt. Hierbei ist mit einer teilweisen Neutralisation eines periorbitalen Feldes durch dasjenige der Gegenseite zu rechnen. So ist bei der gemischten Ableitung zu erwarten, daß durch Annäherung gegensinniger Pole beider Augäpfel Störungen hervorgerufen werden.

Abb. 3



- 1) Primärstellung: minimale Wechselwirkung beider Dipole
- 2) Theoretischer Extremfall: Neutralisation 2/3
- 3) Realisierbarer Extremfall: partielle Neutralisation 2/3, maximaler Seitwärtsblick

a) Versuchsanordnung:

Vergleichende bipolare Ableitungen (1/2, 1/3, 1/4, 2/3) bei Zwei- und Einäugigen.

b) Ergebnis:

Die Amplitude wird durch Anwesenheit des zweiten Auges um rund 50 % verkleinert (siehe Kurvenanhang IV, Mittelwerte von je 6 Versuchspersonen).

c) Beurteilung:

Die Vermutung einer partiellen Neutralisation zweier pericocularer Felder ist bestätigt. Eine Möglichkeit zur Vermeidung des aufgezeigten Neutralisationseffektes ergäbe sich bei einer EOG-Ableitung während vertikaler Augenbewegungen. Praktisch verwertbar ist dieses Vorgehen allerdings nicht, da vertikale Blickbewegungen nicht annähernd so gleichmäßig und ausdauernd ausgeführt werden können wie horizontale.

Eine weitere Möglichkeit zur Verringerung des Neutralisationseffektes wäre eine wesentliche Begrenzung des Bewegungsausmaßes.

III. Versuchsgruppe: Wechselwirkungen Gewebewiderstand / Neutralisation

a) Versuchsanordnung:

Bipolare Ableitungen (1/2, 1/3, 1/4, 2/3) bei
Zweiäugigen.
Folgebewegungen 40° , 0,50 Hz

b) Ergebnis:

(siehe Kurvenanhang V)

Ableitungen	Relative Amplitudenhöhe
1/4	100
1/2	90
2/3	50
1/3	25

c) Beurteilung:

Der Verlust von 10 % der Amplitudenhöhe bei transocularer Ableitung (1/2) dürfte allein auf partielle Feldneutralisation beruhen (vergleiche Kurvenanhang IV).

Bei binasaler Ableitung (2/3) wird die Amplitudenhöhe auf ca. 50 % der Bezugshöhe reduziert (siehe Kurvenanhang I und V).

Die Versuchsgruppe II (Kurvenanhang III) hatte ergeben, daß der Gewebewiderstand rund 50 % des gegensinnigen Feldes zur Darstellung gelangen läßt.

Bei gemischter Ableitung (1/3) erreicht die Amplitude nur noch 30 % ihrer Bezugshöhe (Kurvenanhang I und V). Beim Einäugigen (Kurvenanhang IV) sind es rund 60 %.

Gewebewiderstand bedingt demnach einen Verlust von rund 40 %; Neutralisation verkleinert die verbliebene Amplitude nochmals auf die Hälfte.

IV. Versuchsgruppe: Optimale Potentialableitung

Der Gewebewiderstand als Störfaktor kann bei keiner EOG-Ableitung umgangen werden. Unter diesen Umständen kommt es also darauf an, konstante Bedingungen unter möglichst geringem Widerstand zu finden.

1. Versuchsreihe:

Bei bipolaren Ableitungen spielt der Elektroden-sitz eine entscheidende Rolle, da sich jede Elektrodenverschiebung aus der Bewegungsebene auf die Amplitudenhöhe auswirkt. Die von Francois empfohlene Elektrodenplacierung auf einer Horizontalen unterhalb der Lidwinkel erscheint daher nicht ideal.

a) Versuchsanordnung:

Zur Auffindung des optimalen Elektrodensitzes wurde eine Gruppe von drei senkrecht übereinanderstehenden Elektroden benutzt (Abstand 15 mm).

b) Ergebnis:

Die EOG-Ableitung erfolgt über die mittlere Elektrode, sobald von den beiden äußeren, nach entsprechender vertikaler Verschiebung der Elektrodenleiste, keine Kurven mehr gewonnen werden können (Kurvenanhang VI).

c) Beurteilung:

Der optimale Elektrodensitz kann durch Hilfselektroden zuverlässig bestimmt werden.

2. Versuchsreihe:

Eine Möglichkeit zur weitgehenden Ausschaltung von Neutralisationseffekten könnte sich aus den Versuchsanordnungen in der eben beschriebenen Serie und aus den Befunden bei Einäugigen (Gruppe I, Serie 2) ergeben: Differenzmessungen in den temporalen Randteilen pericocularer Felder.

a) Versuchsanordnung:

Elektrode 1 neben dem temporalen Lidwinkel, Elektrode 2 50 mm senkrecht darüber; die Elektrode 2 ist gegenüber der Elektrode 1 schwächer positiv bzw. negativ. (Kurvenanhang VII)

b) Ergebnis:

Die beschriebene juxtaoculare Ableitung liefert Amplituden von 50 % der Bezugshöhe.

c) Beurteilung:

Für jede Endstellung der seitlichen Augenbewegung erfolgt die Ableitung - im Gegensatz zur trans-oculareren Ableitung - auf dem gleichen Wege und unter gleichen Widerstandsbedingungen.

V. Versuchsgruppe: Optimale Potentialdarstellung

Bei der EOG-Kinetographie wird das unter verschiedenen Bedingungen zu messende Potential in der Regel (Ausnahmen: Tierexperimente, Kinder in der Narkose) durch aktive Blickbewegungen in der Horizontalen dargestellt. Die optimalen Voraussetzungen hinsichtlich Typ, Ausmaß und Geschwindigkeit sollen ermittelt werden.

1. Versuchsreihe:

Die meisten Autoren - unter ihnen auch Arden und Mitarbeiter und François und Mitarbeiter - lassen optisch induzierte Spähbewegungen ausführen und geben zur Unterstützung zum Teil auch akustische Hilfen. Quéré und Mitarbeiter ziehen Folgebewegungen (Fixierung einer pendelnden Marke) vor.

a) Versuchsanordnung:

Auslösung von Spähbewegungen durch alternierend aufleuchtende Fixierpunkte in einer Halbkugel,

Auflösung von Folgebewegungen durch ein mittels Scheibenwischermotor in der Horizontalen bewegtes Objekt.

EOB-Ableitung 1/4

b) Ergebnis:

(siehe KurvenanhangVIII)

Entsprechend der hohen Geschwindigkeit reflektorischer Bewegungen liefern Späbbewegungen steile, die langsamen Folgebewegungen dagegen sinusförmige Kurven.

c) Beurteilung:

Die Amplitudenmessung ist bei Späbbewegungen durch Überschießen wechselnden Ausmaßes erschwert; an den sinusförmigen Kurven der langsamen Folgebewegung ergeben sich keine Schwierigkeiten. Ein Nachteil der Folgebewegung kann unter Umständen darin gesehen werden, daß ihre Auslösung brauchbare Sehschärfe und Intaktheit des Gesichtsfeldzentrums voraussetzt.

2. Versuchsreihe:

Bestimmung der Optimalwerte von Bewegungsausmaß und Geschwindigkeit.

a) Versuchsanordnung:

Folgebewegungen; Ableitung $1/4$

b) Ergebnis:

Die gleichmäßigsten Kurven entstehen bei gesunden Versuchspersonen, wenn eine Bewegungsperiode (Hin- und Herblick) rund $2 \frac{1}{2}$ sec. dauert.

c) Beurteilung:

Ausmaß und Geschwindigkeit sollten vor jeder EOG-Ableitung individuell festgelegt werden; in vielen Fällen sind die oben erwähnten Richtwerte optimal. Bei transocularer Ableitung ist zur Reduzierung von Neutralisationseffekten das kleinste Bewegungsausmaß zu wählen, welches gleichmäßige Kurven mit konstanter Amplitudenhöhe liefert. Die optimale Geschwindigkeit liegt bei unseren Versuchen bei 6 bis 8 sec. für drei Blickperioden; Quéré und Mitarbeiter bevorzugen etwas langsamere Bewegungen: 3,3 sec/Periode.

Zusammenfassung:

Die Auswirkung von Gewebewiderstand und Feldneutralisation auf Ergebnisse der klinischen EO-Graphie (EO-Potentiometrie) ist bisher kaum untersucht und bei der praktischen Durchführung stets vernachlässigt worden.

Gewebewiderstand und Feldneutralisation stellen tatsächlich Störfaktoren, die sich auf die Auswertung von Untersuchungsergebnissen erheblich auswirken können:

Beim Einäugigen z. B. ist an der augapfellosen Orbita das EOG des erhaltenen Auges ableitbar; das EOG "schlägt" sogar bis zum Occipitalpol des Schädels und kann in EEG-Ableitungen erscheinen.

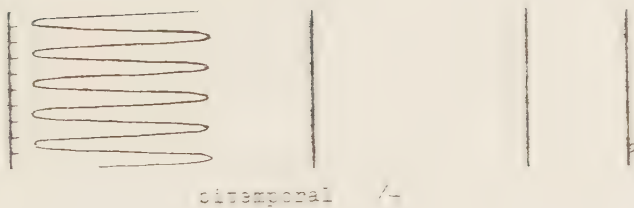
Das Potential eines Auges bewirkt aber auch eine gegenseitige Amplitudenverkleinerung.

Durch eine juxta-oculare Ableitung können derartige Störeinflüsse ausgeschaltet werden.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Adler F. H.
"Physiology of the eye". Clinical Application, Robert A. Moses, M. D., 5. Ausgabe (1970), 498, 217-218
2. Arden G. B., Barrada A.
"Analysis of the Electro-oculo-grams of the series of normal subjects. Role of the lens in the development of the standing potentials.", British J. Ophtal.(1962), 46, 468-482
3. Boyer R. L., Jayle G. E., Saracco J. B.
"L'Electrorétinographie. bases physiologique et données cliniques", Masson et C^{ie}, Paris (1962). S.F.O. Rapport 1964/2, 1083-1122
4. François J.
"L' électro-oculo-rétino-encéphalographie en neuro-ophtalmologie". Extrait de la Revue d'Oto-neuro-ophtalmologie, Tome XL, N° 8 (1968), 420-441
5. François J., Jönsas C., De Rouck A.
"Tierexperimentelle Untersuchungen der Anoxiewirkung auf das Elektoretinogramm und das Elektrooculogramm". Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde (1969), 154, 316-323
6. François J., De Rouck A., Cambie E. et Zanen A.
"L' Electro-Diagnostic des Affections Rétiniennes" (Etude des potentiels de repos et d'actions rétiniens"), Bulletin de la Société Belge d' Ophtal., N. 166. (1974), 151-188

7. François J., Verriest, De Rouck A.
"L'Electro-oculographie en tant qu' examen fonctionnel de la rétine", "Fortschritte der Augenheilkunde", Basel (1957), VII, 1-64
8. François J., Verriest, De Rouck A.
"Modification of the amplitude of the human EOG by light and dark adaption", British J. Ophthal. (1956), 39, 398-408
9. François J., Verriest, De Rouck A.
"EOG as a functional test on pathological conditions of the fundus", British J. Ophthal. (1956), 40, 108-112
10. Heck J., Papst W.
"Über den Ursprung des corneo-retinalen Ruhepotentials", Elektroretinographie, Hamburger Symposium (1956), Biblio. Ophthal, 48, 96-107
11. Quéré (M.A.), Larmande (A.M.), Rosazza (Ch.), Delpléce (M.P.), Rogez (J.P.)
"Les troubles moteurs et opto-moteurs dans les strabismes infantiles. L'Electro-oculographie pendulaire.", An. Oculist, Paris (1970), 203, 717-736



cit temporal 1/-



binasal 2/3



transokular 1/2, 3/4

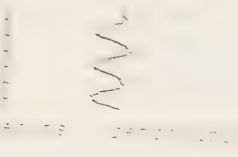
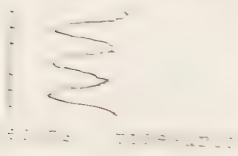
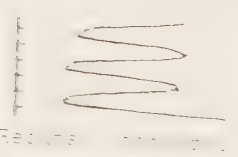
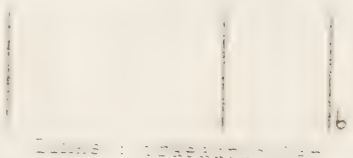
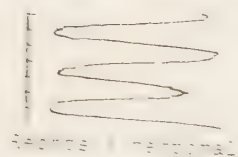
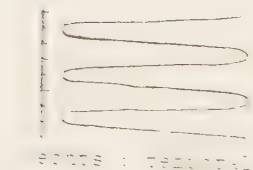


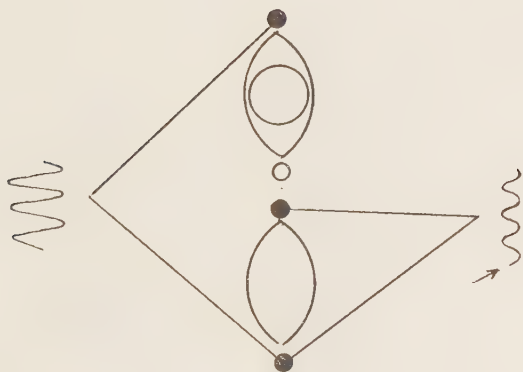
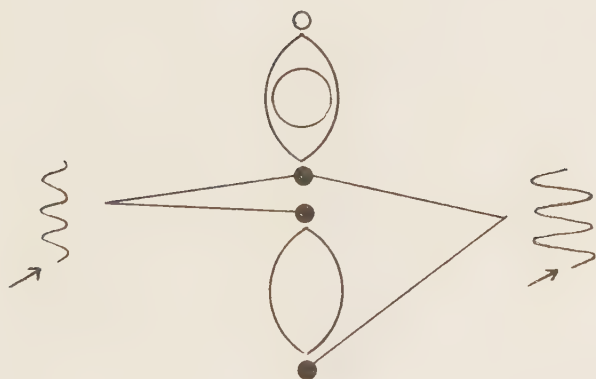
gemischt 1/3, 2/4

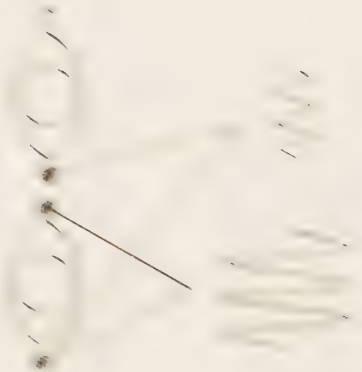
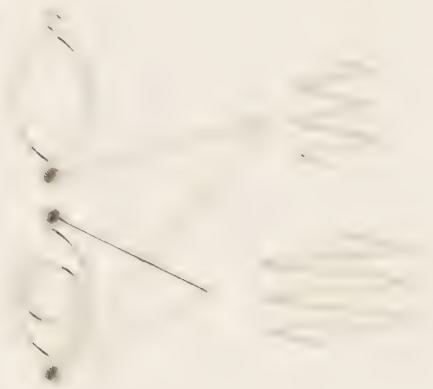


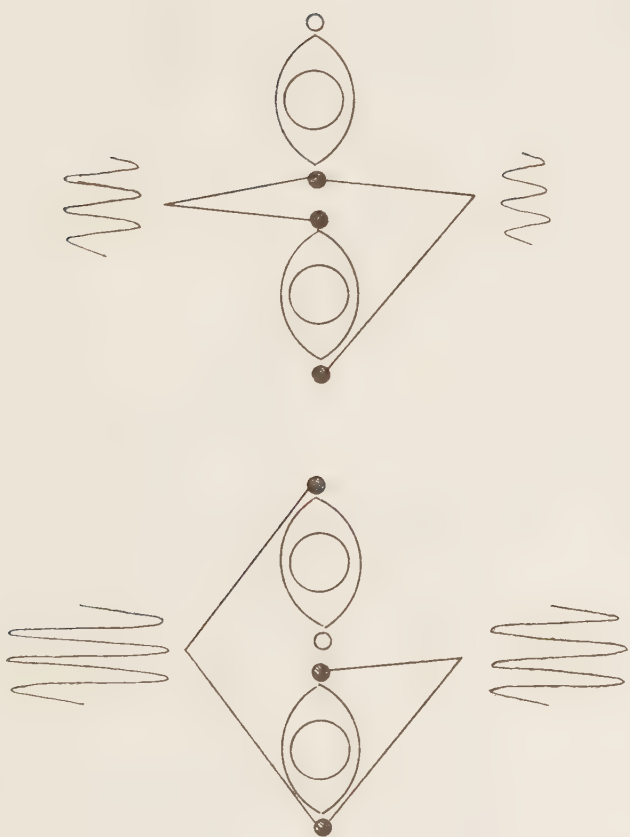
bitemporal 1/4

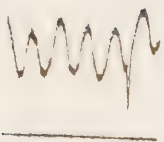
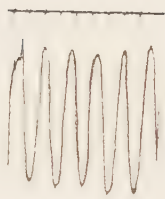
binasal 2/3

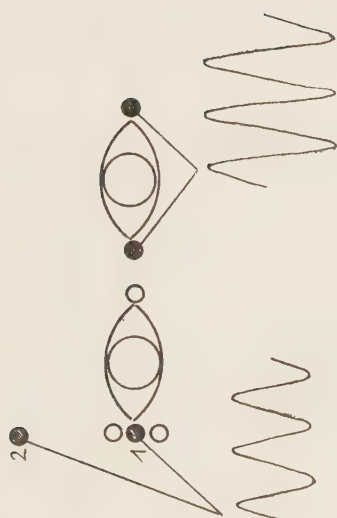










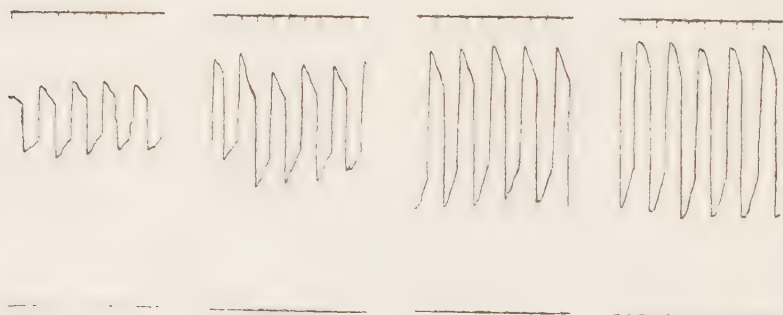


Strahbewegung (Halbkugel)

III

Bewegungsgrad : 10 - 10

Frequenz : 0,70 Hz

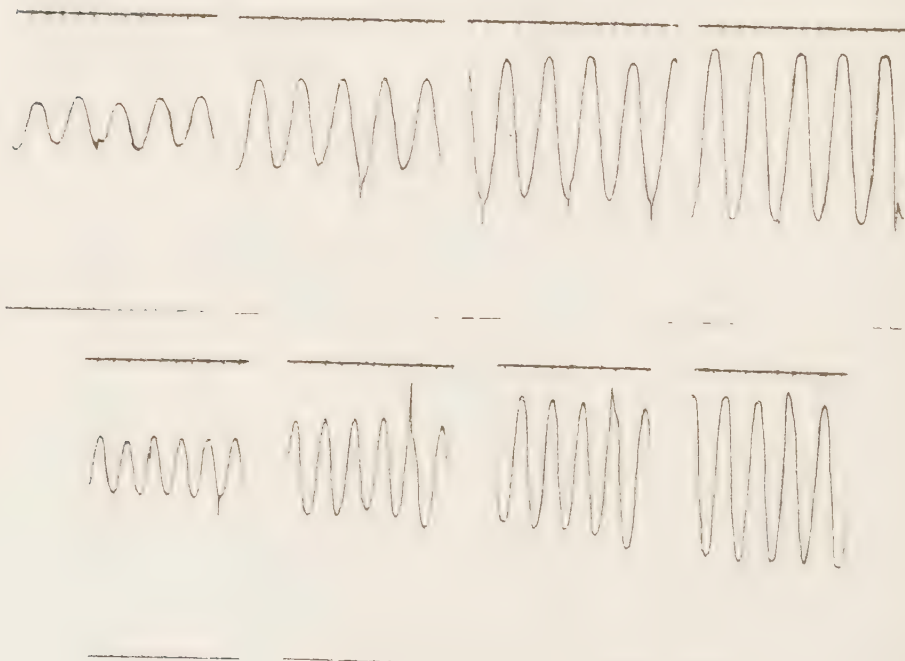


Folgebewegung (Muskeltrainer)

Bewegungsgrad : 10 - 10

Frequenz : 0,70 Hz

und : 0,75 Hz



Herrn Professor Dr. med. H. Remky danke ich an dieser Stelle für die freundliche Überlassung des Themas sowie einschlägiger Literatur wie auch für die Anleitung beim Versuchsaufbau. Besonders dankbar war ich für die vielen wertvollen Hinweise bei der Ausarbeitung der Ergebnisse.

L e b e n s l a u f

Am 10.4.1949 wurde ich als Tochter des Elektroingenieurs Karl Roeckelein und seiner Ehefrau Maria, geb. Reißner, in Neuburg/Donau geboren.

Von 1955 bis 1960 besuchte ich die Volksschule in München, anschließend die Mädchenoberrealschule des Max Josef-Stifts. 1966 wechselte ich auf das Sozialwissenschaftliche Gymnasium der gleichen Schule über, wo ich bis zum Abitur im Jahre 1969 blieb.

Im Herbst 1969 begann ich das Medizinstudium an der Universität München. Das Vorphysikum absolvierte ich 1970, das Physikum 1972.

Im Juli 1975 habe ich das Staatsexamen abgelegt.

